

Рисунок 1 – SEM-изображения поверхности керамик, полученных методом реакционного ИПС порошковых смесей $\text{SrCO}_3\text{--TiO}_2$: а) SrTiO_3 ; б) $\text{SrTiO}_3\text{--TiO}_2$ (50:50 по об.%)

Список литературы

1. Nolas G.S., Sharp J., Goldsmid J. Thermoelectrics. Basic Principles and New Materials Developments. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2001. – 293 p.
2. Raj B. (Eds.), Van de Voorde M. (Eds.), Mahajan, Y. (Eds.) Nanotechnology for Energy Sustainability. – Weinheim, Germany : Wiley-VCH, 2017. – 1221 p.
3. Heremans J.P. Low-dimensional thermoelectricity // Acta Physica Polonica A. – 2005. – V. 108. – P. 609–634.
4. Ohta H., Kim S., Mune Y., et al. Giant thermoelectric Seebeck coefficient of a two-dimensional electron gas in SrTiO_3 // Nature Materials. – 2007. – V. 6. – P. 129–134.
5. Zhang R., Wang C., Li J., Koumoto K. Simulation of thermoelectric performance of bulk SrTiO_3 with two-dimensional electron gas grain boundaries // Journal of the American Ceramic Society. – 2010. – V. 93. – P. 1677–1681.
6. Park N.-H., Akamatsu T., Itoh T., et al. Rapid synthesis and formation mechanism of core-shell-structured La-doped SrTiO_3 with a Nb-doped shell // Materials. – 2015. – V. 8. – № 7. – P. 3992–4003.
7. Zavjalov A., Tikhonov S., Kosyanov D. $\text{TiO}_2\text{--SrTiO}_3$ biphasе nanoceramics as advanced thermoelectric materials // Materials. – 2019. – V. 2. – № 18. – P. 2895–2925.
8. Safronova N.A., Kryzhanovska O.S., Dobrotvorska M.V., et al. Influence of sintering temperature on structural and optical properties of $\text{Y}_2\text{O}_3\text{--MgO}$ composite SPS ceramics // Ceramics International. – 2020. – V. 46. – P. 6537–6543.

Благодарности

Исследование выполнено за счёт гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-29-11044).

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИТА $\text{ZrO}_2\text{--MgO}$ МЕТОДОМ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Ю.А. ЗЕНКИНА¹, А.С. БУЯКОВ²

¹ Томский политехнический университет

² Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: yaz10@tpu.ru

Морфологические свойства поверхности пористых материалов определяют их применение. Шероховатость поверхности, форма и размер пор, их взаимное расположение и обуславливаемая ими проницаемость – наиболее важные характеристики, которые оказывают существенное влияние на возможность использования пористого материала в

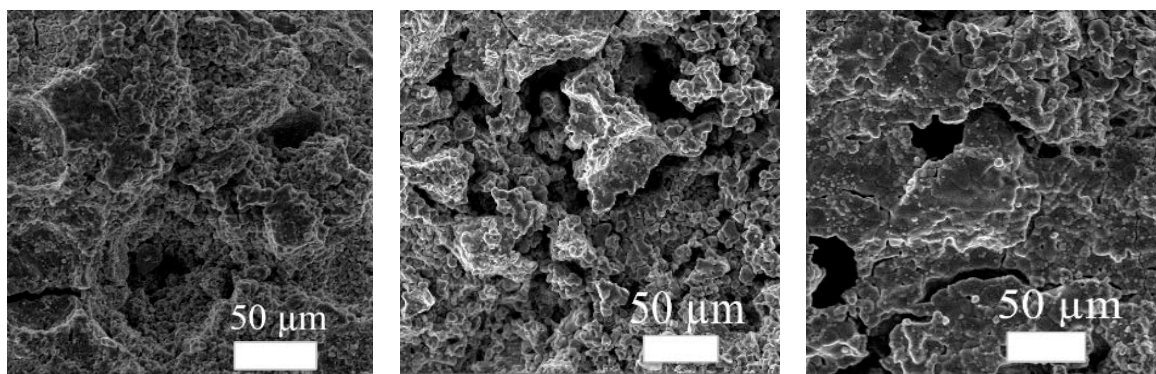
биомедицинском направлении. Поэтому задача описания структуры поверхности и ее трансформации в процессе изготовления остается актуальной.

Для описания структуры в настоящее время широкое распространение получил аппарат фрактальной геометрии, который оперирует параметром, описывающим развитость поверхности и взаимное расположение элементов структуры единым параметром - фрактальной размерностью (D). Анализ поведения фрактальной размерности позволит определить наиболее оптимальные параметры спекания для формирования наиболее развитой поверхности.

Итак, в работе была исследована зависимость фрактальной размерности от состава пористого керамического композита $ZrO_2(MgO) - MgO$ и длительности изотермической выдержки при температуре спекания $1600^\circ C$.

Традиционно, процесс спекания проходит через три основные стадии - начальную, промежуточную и завершающую (рисунок 1). Каждой стадии присущи свои характерные особенности [1]:

- начальная стадия характеризуется увеличением площади контакта между частицами за счет припекания их друг к другу, т.е. формируются развитые контактные поверхности, при этом частицы могут сохранять свою обособленность;
- при переходе от начальной к промежуточной стадии происходит формирование и рост «шеек» на месте межчастичных контактов, далее происходит миграция границ с их начального положения и сфероидизация пор;
- для заключительной характерно продолжение процесса сфероидизации пор и их коалесценции, уменьшается общее количество макро- и микропор.



Начальная (10 мин)
75% MgO

Промежуточная (180 мин)
75% MgO

Завершающая (600 мин)
75% MgO

Рисунок 1 – Микроструктура образцов, содержащих 75 % MgO

Для характеристики рельефа поверхности разрушения после испытания на сжатие образцов цилиндрической формы использовалась фрактальная размерность, вычисленная с помощью метода вертикальных сечений. Метод основан на измерении отношения длины линии профиля к длине его проекции. После обработки растровых снимков получается набор вертикальных сечений, которые описывают профиль поверхности с точностью, определяемой величиной измерительного масштаба ϵ . Под масштабом подразумевается величина шага, которая определяет длину линии вертикального сечения [2]. Для определения зависимости в логарифмических координатах необходимо построить обратную s – образную кривую $\ln(\epsilon) = D(\ln(\epsilon))$. Линейный участок кривой аппроксимируется по методу наименьших квадратов, где тангенс угла наклона аппроксимирующей линейной функции определяет значение фрактальной размерности в виде $D = 1 + |\alpha|$, подробнее метод описан в работе [3].

На рисунке 2 представлена зависимость фрактальной размерности от состава и длительности изотермической выдержки.

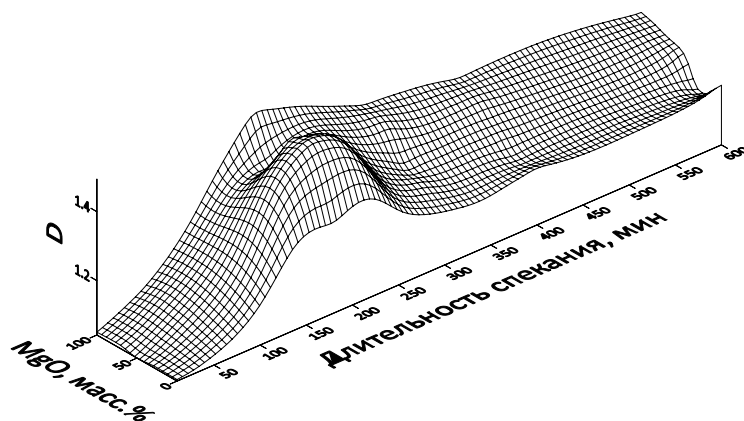


Рисунок 2 – Зависимость фрактальной размерности от состава и длительности спекания

Рост значения фрактальной размерности наблюдался при спекании образцов в интервале от 10 до 180 минут, изменяясь от $\sim 1,05$ до своего максимального значения $\sim 1,48$, последующее спекание с выдержкой до 300 минут приводит к снижению $D \approx 1,3$ без существенных изменений при дальнейшем спекании.

Из проделанной работы можно сделать вывод о том, что изменение фрактальной размерности в зависимости от состава и длительности изотермической выдержки согласуется со стадиями твердофазного спекания: увеличение D происходит во время стадий зарождения межзеренных связей и интенсивной объемной усадки, достигает своего максимального значения к 180 минутам (промежуточной стадии), что свидетельствует о формировании наиболее развитого рельефа. К завершающей стадии спекания фрактальная размерность незначительно снижается и остается приблизительно одинаковой. Фрактальная размерность увеличивается с увеличением концентрации MgO в составе образцов: на полученных РЭМ-изображениях можно отметить появление большого количества микротрещин и фрагментов зерен.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.3

Список литературы

1. Осокин Е.Н. Процессы порошковой металлургии. - Красноярск: ИПК СФУ. – 2008. – С. 317.
2. Mandelbrot B. B. The fractal geometry of nature. N.Y.: WH freeman, 1982, 480 p.
3. Ивонин И.В., Новиков В.А. Определение фрактальной размерности поверхности эпитаксиального $n\text{-GaAs}$ в локальном пределе, Физика и техника полупроводников, 2009, том 43, вып. 1, - 40 с.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ПРОСЛОЙКИ ПРОТЕТИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО УЗЛА

А.А. КАМЕНСКИХ^а, А.Д. ПУШКАРЕВА^б

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

E-mail: ^аanna_kamenskih@mail.ru, ^бvmm@pstu.ru

В настоящий момент отмечен рост исследований связанных с изменением классических конструкций зубных шин в России и мире [1, 2]. Исследования направлены на рационализацию и оптимизацию работы конструкции защитных капп. Одним из